

Analisa Pengaruh Parameter Proses *Injection Moulding* Terhadap Berat Produk Cap Lem Fox Menggunakan Metode Taguchi

Moh. Hadi Purnomo¹, Pranowo Sidi² dan Nurvita Arumsari³

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

² Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³ Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email : hadhfir@gmail.com

Abstrak

Produk Cap Lem Fox diproduksi oleh PT. Manufaktur Plastik dengan mesin *Injection Moulding*. Namun pada awal produksi untuk mendapatkan berat produk yang diinginkan parameter yang digunakan masih *trial and error*, sehingga permasalahan yang muncul adalah berat produk belum ideal yaitu 4,6 gram, berat ideal yang diinginkan perusahaan adalah 4.25 gram. Dengan permasalahan tersebut dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan karena membutuhkan material yang lebih banyak untuk setiap produknya sehingga menyebabkan membengkaknya biaya produksi.

Penelitian ini memfokuskan parameter *injection speed*, *holding time*, *cooling time*, dan temperatur leleh dengan variasi *injection speed* 45 mm/s, 50 mm/s, dan 55 mm/s; *holding time* 2 detik, 2.5 detik, dan 3 detik; *cooling time* 5 detik, 7 detik, dan 9 detik serta temperatur leleh 250 °C, 260 °C, dan 270 °C. Dalam penelitian ini metode analisa yang digunakan adalah Taguchi dengan pendekatan *ratio signal to noise (RSN) smaller the better* untuk mengetahui pengaruh faktor serta menentukan parameter optimal agar dihasilkan berat yang lebih efisien dari pada sebelumnya.

Dari hasil penelitian didapatkan kondisi optimum pada parameter *injection speed* 55 mm/detik, *holding time* 2 detik, *cooling time* 5 detik, dan *melt temperature* 260 °C. Dengan parameter tersebut berat yang dihasilkan adalah 4.417 gram dengan cacat berat 0.167 gram.

Kata kunci : *Injection Moulding, Metode Taguchi, Optimasi, dan Parameter Proses*

1. PENDAHULUAN

Produk dengan bahan baku plastik banyak kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, contohnya botol, bahan bangunan, perabotan rumah tangga, otomotif dan lain sebagainya. Untuk membuat produk dengan bahan baku plastik sesuai dengan yang kita kehendaki dibutuhkan suatu teknologi yang memadai, seperti mesin *Injection Moulding*. Salah satu keunggulan dari mesin *Injection Moulding* adalah mampu membuat produk berbahan baku plastik dengan bentuk yang rumit dengan kepresisian yang tinggi. Secara umum *Injection Moulding* adalah pembentukan suatu produk material plastik dengan bentuk dan ukuran yang dikehendaki yang dipanaskan sampai titik leleh tertentu kemudian diinjeksikan kedalam cetakan atau *mold* dengan bantuan mesin. Dalam proses *Injection Moulding* kita harus memperhatikan beberapa parameter yang dapat mempengaruhi hasil dari sebuah produk, seperti *temperature*, *filling phase*, *holding phase*, dan *plasticizing*. Jika dalam menentukan *setting* parameter kurang tepat, maka produk akan memberikan hasil yang kurang baik atau belum sesuai dengan spesifikasi produk.

Cap lem fox adalah tutup dari botol lem fox yang diproduksi oleh PT. Manufaktur Plastik dengan mesin *Injection Moulding*. Namun pada saat tahap awal produksi, untuk mendapatkan berat produk yang diinginkan masih menggunakan parameter *trial and error*, sehingga permasalahan yang muncul adalah berat produk masih belum ideal yaitu 4,6 gram, akan tetapi berat ideal yang diinginkan oleh PT. Manufaktur Plastik adalah 4.25 gram. Dengan munculnya permasalahan diatas maka dapat menyebabkan kerugian bagi PT. Manufaktur Plastik karena membutuhkan material yang lebih banyak yang dibutuhkan perproduknya. Apabila produk tersebut di reject maka kerugian bagi perusahaan dalam hal membengkaknya biaya dan waktu produksi karena mengolah kembali produk yang di reject, yang dapat menyebabkan tertundanya waktu pengiriman.

Dari latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi waktu, dan temperatur yang berpengaruh terhadap berat produk hingga memperoleh hasil yang baik secara ukuran berat, yang pada akhirnya akan berdampak pada efisiensi penggunaan material plastik, efisiensi biaya dan waktu produksi. Diharapkan tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai acuan, apabila terjadi permasalahan yang sama dalam analisa produk dengan metode yang berbeda sehingga akan menghasilkan hasil yang lebih akurat.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang dibutuhkan selama penelitian antara lain :

1. Alat-alat tulis
2. Alat bantu dokumentasi
3. Alat bantu pengukur berat (neraca digital)
4. Perangkat lunak dan perangkat keras untuk menganalisa hasil penelitian.
5. Mesin *Injection Moulding* dengan tipe mesin ARB 50-2,

sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah polipropilen (PP).

2.2 Langkah-langkah Penelitian

Untuk mendapatkan hasil produk yang sesuai dengan persyaratan, diperlukan langkah langkah yang tepat dan jelas guna memberikan kemudahan bagi peneliti. Langkah-langkah tersebut antara lain :

1. Pemilihan Variabel Penelitian

a. Variabel Tak Bebas

Variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain. Dalam penelitian ini variabel tak bebas yang diteliti adalah berat dari produk Cap Lem Fox.

b. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada tahap ini akan dipilih faktor-faktor yang akan diseleksi pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan. Dalam Penelitian ini diambil 4 faktor atau variabel bebas diantaranya temperature leleh, *injection speed*, *holding time*, dan *cooling time* dengan alasan karena didalam *injection unit* terdiri dari 4 fase, yaitu *temperature*, *injection filling phase*, *holding phase*, dan *plasticizing*. Sehingga setiap dari fase diambil satu faktor. Pemilihan dari parameter yang diambil di dalam penelitian didasarkan pada penelitian terdahulu. Jadi dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah Temperatur leleh (D), *Injection speed* (A), *holding time* (B), dan *cooling time* (C). Dalam penelitian ini tidak diambil *injection time* karena pada mesin *injection moulding type* ARB 50-2 pengaturan untuk *injection time* tidak tersedia, maka cukup diwakili oleh *injection speed*.

2. Menghitung Derajat Kebebasan

Menghitung derajat kebebasan diperlukan untuk menghitung jumlah pengujian yang harus dilakukan. Derajat kebebasan faktor dan level sesuai dengan persamaan sebagai berikut.

$V_{fl} = (\text{banyaknya level} - 1)$

3. Pemilihan Matriks Ortogonal

Matriks ortogonal yang dipilih adalah yang mempunyai derajat kebebasan sama atau lebih besar dengan total derajat kebebasan. Maka matriks ortogonal yang sesuai dengan eksperimen yaitu :

Derajat kebebasan = (banyaknya faktor) x (banyaknya level-1)

$$L_9(3^4) = 4 \times (3-1) = 8 \text{ derajat kebebasan.}$$

Jadi matriks orthogonal yang dipilih adalah $L_9(3^4)$.

Tabel 2.1 Matriks Ortogonal $L_9(3^4)$

Matriks Ortogonal $L_9(3^4)$

Eksperimen	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3

5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

(Sumber : Res J, 1991)

4. Proses Injeksi

Melaksanakan proses injeksi sesuai dengan kombinasi variasi level antar faktor yang sebelumnya sudah direncanakan. Proses ini bertujuan untuk bahan analisa pengaruh faktor serta optimasi faktor terhadap respon.

5. Analisa

Analisa dilakukan untuk perhitungan hasil pengujian dengan metode taguchi serta bantuan software minitab untuk mengetahui parameter yang berpengaruh dan mencari parameter yang optimal terhadap berat dari produk cap lem fox. Setelah mengetahui level faktor yang optimal selanjutnya dilakukan pengujian konfirmasi yang bertujuan untuk memverifikasi analisa yang telah didapatkan sebelumnya.

6. Kesimpulan dan saran

Dengan hasil yang di dapat kemudian penulis mengambil kesimpulan sesuai dengan penelitian yang sudah dilakukan. Dan saran di sertakan agar dalam penelitian selanjutnya akan menghasilkan hasil yang lebih baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian berat produk Cap Lem Fox dengan *injection moulding type* ARB 50-II sesuai dengan matriks ortogonal yang sudah direncanakan sebelumnya sebagai berikut.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Taguchi dalam bentuk berat (gram)

Matriks Ortogonal $L_9(3^4)$

No.	Inject Speed	Holding Time	Cooling Time	Melt Temperture	R1	R2	R3
1	45	2	5	250	4.462	4.452	4.468
2	45	2.5	7	260	4.489	4.497	4.500
3	45	3	9	270	4.546	4.553	4.541
4	50	2	7	270	4.464	4.460	4.462
5	50	2.5	9	250	4.503	4.502	4.493
6	50	3	5	260	4.510	4.539	4.535
7	55	2	9	260	4.453	4.459	4.468
8	55	2.5	5	270	4.495	4.493	4.499
9	55	3	7	250	4.535	4.540	4.511

Berat hasil pengujian pada tabel 3.1 dikurangi dengan nilai berat spesifikasi produk yaitu 4.25 gram untuk mengetahui kelebihan material yang digunakan, seperti yang terlihat pada tabel 3.2 berikut.

$$\Delta W = W1 - W2 ,$$

Dimana :

W1 = Berat hasil pengujian

W2 = Berat spesifikasi produk yang dikehendaki

Perhitungan R1 eksperimen 1

$$\begin{aligned}\Delta W_{r1} &= W1 - W2 \\ &= 4.462 - 4.25 \\ &= 0.212\end{aligned}$$

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Taguchi Dalam Bentuk Selisih Berat (gram)
Matriks Ortogonal $L_9(3^4)$

No.	Inject Speed	Holding Time	Cooling Time	Melt Temperture	R1	R2	R3
1	45	2	5	250	0.212	0.202	0.218
2	45	2.5	7	260	0.239	0.247	0.250
3	45	3	9	270	0.296	0.303	0.291
4	50	2	7	270	0.214	0.210	0.212
5	50	2.5	9	250	0.253	0.252	0.243
6	50	3	5	260	0.260	0.289	0.285
7	55	2	9	260	0.203	0.209	0.218
8	55	2.5	5	270	0.244	0.243	0.249
9	55	3	7	250	0.285	0.290	0.261

3.2 Analisa

3.2.1 Perhitungan Rasio S/N

Nilai replikasi kemudian dirubah ke dalam bentuk rasio S/N untuk mencari faktor yang berpengaruh serta level faktor yang optimal terhadap kualitas produk. Rasio S/N yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan karakteristik semakin kecil semakin baik (*smaller the better*), karena sesuai dengan tujuan penelitian yaitu untuk memperkecil kelebihan material yang terbuang pada waktu produksi, Sehingga didapatkan perhitungan S/N secara keseluruhan seperti yang terlihat pada tabel berikut.

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Rasio S/N
Matriks Ortogonal $L_9(3^4)$

No.	Faktor				Replikasi			Mean	S/N
	A	B	C	D	R1	R2	R3		
1	45	2	5	250	0.212	0.202	0.218	0.211	13.524
2	45	2.5	7	260	0.239	0.247	0.250	0.245	12.203
3	45	3	9	270	0.296	0.303	0.291	0.297	10.556
4	50	2	7	270	0.214	0.210	0.212	0.212	13.480
5	50	2.5	9	250	0.253	0.252	0.243	0.249	12.054
6	50	3	5	260	0.260	0.289	0.285	0.278	11.115
7	55	2	9	260	0.203	0.209	0.218	0.210	13.556
8	55	2.5	5	270	0.244	0.243	0.249	0.245	12.193

9	55	3	7	250	0.285	0.290	0.261	0.279	11.092
Jumlah								2.226	109.773
Rata Rata								0.247	12.197

3.2.2 Analysis Of Varians

Analisis varian merupakan teknik menganalisis dengan menguraikan seluruh (total) variasi atas bagian-bagian yang diteliti. Analisis varian digunakan untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan. Dari perhitungan analisis varians didapatkan tabel anova seperti berikut ini.

Tabel 3.4 ANOVA

Source Of Varians	Degrees Of Freedom (V)	Sum Of Square (SS)	Mean Of Square (MS)
A	2	0.054	0.027
B	2	10.142	5.071
C	2	0.091	0.046
D	2	0.072	0.036
Error	0	-	-
Total	8	10.363	-

Untuk mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap berat produk, maka dilakukan penggabungan (*Pooling up*) faktor ke dalam error. Penggabungan dilakukan karena nilai dari F hitung tidak diketahui karena *error* bernilai 0. Penggabungan yang dilakukan dengan faktor yang tidak signifikan yaitu dengan *sum of square* (SS) terkecil dijadikan sebagai *error*, sehingga untuk perhitungan yang dilakukan sesuai perhitungan ANOVA yaitu mulai dari *sum of square* hingga F-hitung. Penggabungan tersebut menyebabkan perubahan pada tabel ANOVA seperti berikut.

Tabel 3.5 ANOVA *Pooling Up*

Source Of Varians	Degrees Of Freedom (V)	Sum Of Square (SS)	Mean Of Square (MS)	F
A	Pooling Up			
B	2	10.142	5.071	187.815
C	2	0.091	0.046	1.704
D	2	0.072	0.036	1.333
Error	2	0.054	0.027	-
Total	8	10.359	-	-

Dari tabel tersebut dapat dilakukan pengujian hipotesa dari nilai F-hitung dibandingkan dengan nilai F-tabel, sehingga dapat diambil keputusan apakah nilai dari F-hitung setiap faktor ditolak atau gagal tolak.

Hipotesis untuk faktor B

H_0 : Tidak ada pengaruh perlakuan faktor B terhadap berat produk

H_1 : Ada pengaruh perlakuan faktor B terhadap berat produk

Level signifikan (α) : 0.05

Statistik uji :

$$F\text{-hitung} = \frac{MS_B}{MS_e} = \frac{5.071}{0.027} = 187.815$$

Daerah kritis :

Tolak H_0 apabila $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$

Tabel 3.6 Distribusi F (0.05)

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05												
df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57

$$F_{\text{tabel}} = F_{(0.05; dfB, dfe)} = 19$$

Keputusan :

Tolak H_0 karena $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$
 $187.815 > 19$

Ada pengaruh perlakuan faktor B terhadap berat produk.

Hipotesis untuk faktor C

H_0 : Tidak ada pengaruh perlakuan faktor C terhadap berat produk

H_1 : Ada pengaruh perlakuan faktor C terhadap berat produk

Level signifikan (α) : 0.05

Statistik uji :

$$F_{\text{hitung}} = \frac{MS_C}{MS_e} = \frac{0.046}{0.027} = 1.704$$

Daerah kritis :

Tolak H_0 apabila $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$

$$F_{\text{tabel}} = F_{(0.05; dfB, dfe)} = 19$$

Keputusan :

Gagal tolak H_0 karena $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$
 $1.704 < 19$

Tidak ada pengaruh perlakuan faktor C terhadap berat produk.

Hipotesis untuk faktor D

H_0 : Tidak ada pengaruh perlakuan faktor D terhadap berat produk

H_1 : Ada pengaruh perlakuan faktor D terhadap berat produk

Level signifikan (α) : 0.05

Statistik uji :

$$F_{\text{hitung}} = \frac{MS_D}{MS_e} = \frac{0.036}{0.027} = 1.333$$

Daerah kritis :

Tolak H_0 apabila $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$

$$F_{\text{tabel}} = F_{(0.05; dfB, dfe)} = 19$$

Keputusan :

Gagal tolak H_0 karena $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$
 $1.333 < 19$

Tidak ada pengaruh perlakuan faktor D terhadap berat produk.

3.2.3 Perhitungan Optimasi

Perhitungan pengaruh variasi level masing-masing faktor terhadap nilai berat berdasarkan nilai rasio S/N dilakukan untuk mengetahui level mana yang optimal untuk setiap faktor. dari perhitungan tersebut didapatkan tabel seperti berikut.

Tabel 3.7 Respon Signal to Noise Ratios

A B C D

Level 1	12.094	13.520	12.277	12.223
Level 2	12.216	12.150	12.258	12.291
Level 3	12.280	10.921	12.055	12.076
Selisih	0.186	2.563	0.222	0.215
Peringkat	4	1	2	3

Berdasarkan tabel tersebut kemudian di ambil level faktor yang paling berpengaruh terhadap berat. Untuk memperoleh karakteristik yang sesuai yaitu semakin kecil semakin baik, maka kombinasi level faktor optimum dicapai pada nilai rata-rata rasio S/N level faktor tertinggi dari setiap faktor, yaitu:

\bar{A}_3 = Kecepatan Injeksi 55 mm/detik

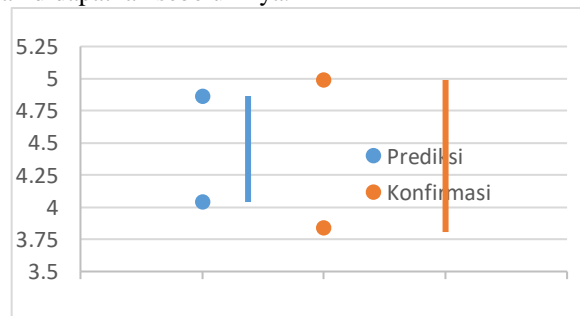
\bar{B}_1 = Waktu Tahan 2 detik

\bar{C}_1 = Waktu Pendinginan 5 detik

\bar{D}_2 = Temperatur Leleh 260 °C

3.3 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan berdasarkan kombinasi optimum hasil dari perhitungan sebelumnya yaitu kecepatan injeksi 55 mm/detik, waktu tahan 2 detik, waktu pendinginan 5 detik, dan temperatur leleh 260 °C. Tujuan dari eksperimen konfirmasi adalah untuk memverifikasi dugaan atau prediksi yang telah didapatkan sebelumnya.



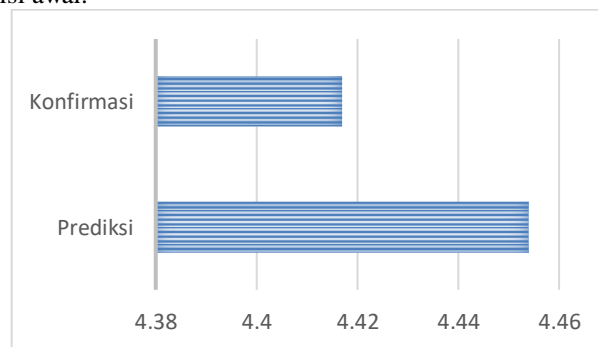
Gambar 3.1 Grafik Perbandingan Interval Kepercayaan

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui Interval kepercayaan prediksi beririsan dengan nilai interval kepercayaan konfirmasi, sehingga dapat dikatakan benar. Perbandingan nilai rata-rata berat antara nilai berat prediksi (berdasarkan kombinasi level yang optimum), eksperimen konfirmasi, dan nilai berat awal adalah sebagai berikut.

Tabel 3.8 Perbandingan Hasil Konfirmasi

Hasil Eksperimen	Kondisi Awal	Prediksi	Konfirmasi
Nilai Berat	4.584	4.454	4.417

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa hasil percobaan dapat diterima karena hasil nilai berat eksperimen konfirmasi tidak melebihi nilai berat prediksi. Selain itu jika dibandingkan antara eksperimen konfirmasi dan kondisi awal, eksperimen konfirmasi menunjukkan nilai berat semakin kecil dari pada kondisi awal.



Gambar 3.2 Grafik Perbandingan Eksperimen

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengalaman operasional yang dilakukan dilapangan pada mesin injection moulding serta berdasarkan teori tentang mesin *injection moulding*, faktor-faktor yang digunakan dalam penelitian ini memiliki pengaruh terhadap berat produk, faktor tersebut antara lain *injection speed*, *holding time*, *cooling time*, dan *melt temperature*.

Sedangkan berdasarkan pengujian statistik yang dilakukan pada mesin *injection moulding type* ARB 50-II dengan produk Cap Lem Fox, telah teridentifikasi faktor yang berpengaruh terhadap berat produk. Faktor tersebut adalah waktu tunggu (*Holding Time*).

Dengan analisa *main effect plot* pada perhitungan sebelumnya dengan menggunakan metode Taguchi, maka didapatkan kombinasi optimum terhadap berat produk, yaitu *injection speed* 55 mm/detik, *holding time* 2 detik, *cooling time* 5 detik, dan *melt temperature* 260 °C.

Dengan kombinasi level dari faktor-faktor optimum seperti tersebut menghasilkan berat yang lebih ringan dibandingkan dengan kondisi awal yaitu 4.417 gram sehingga dapat mengurangi keborosan penggunaan material plastik untuk setiap produknya.

5. DAFTAR NOTASI

A	= <i>Injection Speed</i> (mm/s)
B	= <i>Holding Time</i> (s)
C	= <i>Cooling Time</i> (s)
D	= <i>Melt Temperatur</i> (°C)
W1	= Berat hasil pengujian (gram)
W2	= Berat spesifikasi produk yang dikehendaki (gram)
Df	= Derajat kebebasan
SS	= <i>Sum of Square</i> (dB)
MS	= <i>Mean of Square</i> (dB)
R	= <i>Replikasi</i> / Pengulangan

6. DAFTAR PUSTAKA

- Atmadji (2007). Studi Parameter Proses Injection Molding. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra.
- Febryanto H. (2013). Pengaruh Variasi Temperatur dan Paduan Polypropylene Dengan Serbuk Arang Kayu Terhadap Kekuatan Impact Pada Proses Injection Moulding. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Jember.
- Fitriyanto S. (2013). Analisis Produk Spion PS 135 Dengan Mengatur Parameter Injection Time Material Plastik Polypropylene (PP) Pada Proses Injection Moulding. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret.
- Hartono M. (2012). Meningkatkan Mutu Plastik Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Industri*, Vol.13, No.1, pp.93-100.
- Hermawan (2009). Optimasi Cacat Shrinkage Chmomite 120 ml Pada Proses Injection Moulding Dengan Metode Respon Surface. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Jember.
- Ishak A. (2002). *Rekayasa Kualitas*, Medan: USU Digital Library.
- PT. Berlina Tbk. (2003). *The complete plastic processing concept*. Pandaan: Mould design.
- Putra F.C. (2014). Analisa Parameter Time dan Temperatur Injection Moulding Terhadap Volume Clothes Hanger Pada Proses Injection Moulding Menggunakan Metode Taguchi. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Permesinan, Politeknik Perkapalan Negeri Suarabaya.
- Res J. (1991). Taguchi Orthogonal Arrays Are Classical Design Of Experiments. *Jurnal of research of the National Institute of Standart and Technology*, Vol.96, No.5, pp.577-590.
- Syaifi (2012). Analisis Pengaruh Variasi Waktu Proses (Cycle Time) Terhadap Cacat Berat Tutup Ekan Plastik Pada Proses Injektion Molding. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Jember.
- Wulansari (2013). Analisa Produk Spion PS 135 Dengan Pengaturan Parameter Melt Temperature Material Plastik Polipropilen Pada Injection Moulding. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret.
- Wahjudi D. (2012). Studi Kasus Optimasi Proses Sizing Benang di P.T. XYZ. *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Petra Kristen.
- Yulianto I., Rispinda, dan Prassetiyo H. (2014). Rancangan Desain Mold Produk Knob Regulator Kompor Gas Pada Proses injection moulding. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol 2, No.3, pp.140-151.